6Ш

УДК 656.13

В.Н. Шуть
Брестский государственный технический университет, г. Брест, Беларусь
lucking@mail.ru

Робототехническая магистральная система «Пешеходный переход»

Анализируется основной недостаток пешеходных переходов, а именно прерывание потока автотранспортных средств, движущихся по магистрали. Приводится расчет экономических потерь в конфликте пешеход-автомобиль на регулируемом пешеходном переходе. Предлагается кардинальное решение этой проблемы путем установки робототехнических магистральных систем «Пешеходный переход».

Введение

Всё в больших объемах и в самых разнообразных качествах роботы входят в нашу действительность: искусство, быт, производство и т.д. Есть роботы-скрипачи [1], роботы-повара [2], роботы-няни, роботы-саперы, пожарные [3], охранники и прочее.

Роботы незаменимы во многих отраслях производства. К примеру, роботы-сварщики повсеместно используются в производстве автомобилей. Есть роботы, занимающиеся покраской. В радиоэлектронной промышленности роботы используются для пайки микроскопических проводников, расстановки интегральных схем на печатные платы, в контроле и диагностике готовых приборов и многом другом. Используются роботы и в управлении дорожным движением автотранспорта [4].

Эти специализированные роботы совершают одну и ту же высокоточную работу изо дня в день. Для человека такая работа является скучной и утомительной – от однообразия наступает утомление, которое порождает ошибки. Производственные ошибки снижают продуктивность труда. Что в свою очередь приводит к увеличению стоимости производства.

Роботы идеально подходят для монотонной, однообразной работы. Скорость их работы выше, они обходятся дешевле работников – людей и не подвержены усталости. Это является одной из причин низкой цены производимой продукции.

В настоящей работе предлагается еще один тип роботов – пешеходных, работающих на пешеходных переходах и выполняющих набор циклических операций.

Цель работы и постановка задачи

Совсем недавно проблемы координации и управления транспортными потоками на улично-дорожных сетях (УДС) не были столь актуальными. В условиях не слишком высоких загрузок УДС функционировали достаточно эффективно, и их деятельность не приводила к серьезным перебоям и отказам в обслуживании. В последние годы рост уровня автомобилизации и транспортной подвижности населения привел к насыщению городских улиц, что явилось причиной переоценки принципов управления транспортными потоками [5].

Статистические данные интенсивности движения на магистральных улицах США и Европы свидетельствуют о том, что именно на магистралях сосредотачиваются основные транспортные потоки, другими словами, выполняется принцип «концепции концентрации» [6], что вызывает в последнее время существенный интерес к совершенствованию управления транспортными потоками на городских дорогах и магистральных улицах. Ежегодное увеличение транспортной нагрузки на основные магистрали приводит к устойчивому снижению скорости движения транспортного потока и образованию заторовых ситуаций.

Применение светофорной сигнализации дает возможность обеспечить поочерёдный пропуск транспортных средств и пешеходов. Как правило, режим светофорного регулирования рассчитывается исходя из объемов конфликтующих транспортных потоков, а затем проверяется на удовлетворение потребностей пешеходного движения.

Время, необходимое для пропуска пешеходов по какому-то определённому направлению, рассчитывается по эмпирической формуле [7], получившей широкое распространение в мировой практике и учитывающей суммарные затраты времени на пропуск пешеходов,

$$t_{пш} = 5 + B/V_{пш}, \tag{1}$$

где $t_{пш}$ – длительность такта регулирования, обеспечивающего пропуск пешеходов, B – длина перехода до противоположного тротуара или островка безопасности, $V_{пш}$ – скорость движения пешеходов (обычно принимается равной 1,3 м/с).

Так, для регулируемого пешеходного перехода с длиной L = 32 метра необходимо, согласно формуле (1), не менее чем на 25 секунд прервать движение автотранспортных средств (АТС) по магистрали. Такая вынужденная остановка интенсивного потока, движущегося по магистрали, помимо временных потерь несет повышенный износ резины, моторесурса, потерю горючего. Ухудшает экологию города. Необходимо иметь систему технических средств, встроенных в магистраль, которые исключили бы либо свели к минимуму остановку АТС и связанные с этим потери.

Экономические потери от прерывания транспортного потока

Очевидным моментом в конфликте пешехода с АТС является экономический фактор. Так резкая остановка АТС перед пешеходным переходом ведет к потере топлива, эквивалентного той кинетической энергии, которую имели АТС до остановки.

Пусть пачка АТС состоит из следующих автомобилей: 16 легковых автомобилей, 3 грузовых, 2 автобуса. После остановки на перекрестке группа автомобилей должна восстановить свою прежнюю скорость 60 км/ч, и следовательно, прежнюю кинетическую энергию:

$$w = mv^2/2. \tag{2}$$

Для расчета кинетической энергии выберем следующие типовые массы транспортных средств из [8]:

– легковой автомобиль (в среднем по ВАЗ-2108) – 1450 кг;
– грузовой автомобиль (в среднем по ГАЗ-5312) – 7850 кг;
– автобус (в среднем по ЛиАЗ-677М) – 16133 кг.

Следовательно, общая масса пачки составляет 1450×16+7850×3+ +16133×2=79016 кг.

Необходимая энергия для разгона до первоначальной скорости перед перекрестком будет W=79016×16×16/2 = 10,91МДж. Количество топлива, затраченного на разгон, можно определить, поделив количество найденной энергии на удельную теплоту сгорания топлива (бензина). Удельная теплота сгорания бензина равна 47 МДж/кг.

Итак, количество потерянного топлива составляет 10.91/47 = 0,23(кг). Так как КПД двигателя внутреннего сгорания равен 25%, то для разгона потребуется в четыре раза больше топлива, а именно 0,92 кг или 1,31 л.

Из приведенного расчета следует, что на каждом цикле работы светофора в среднем теряется 1,3 литра топлива. Длительность цикла светофорного объекта в среднем равна 1,5 мин., следовательно, за час перерасход топлива составляет 52,4 литра.

Не только на перегоне магистрали, но и на перекрестке пешеходные потоки являются существенной помехой для лево(право)стороннего транспорта. В результате недостаточной длительности зеленой фазы светофора и большого числа лево(право)стороннего транспорта из этих АТС создаются заторы. Таким образом, доля вклада пешеходов в создании заторовых ситуаций составляет не менее 1/3.

На настоящий момент известно два варианта исключения пешеходов как помехи для АТС. Оба варианта предполагают вынесение пешеходных переходов над или под магистраль. Первый вариант портит архитектурный вид города и мешает троллейбусным линиям. Второй вариант очень дорогостоящий. В настоящей работе предлагается кардинальное решение проблемы пешеходов в дорожном движении (ДД), позволяющее почти полностью исключить их из ДД.

Магистральная система «Пешеходный переход»

Пешеходов необходимо переместить из точки N в точку K (рис. 1), таким образом, чтобы не повлиять на транспортный поток магистрали. В теории информации для передачи большого объема данных их уплотняют, затем капсулируют и передают. Аналогичный механизм приложим и к пешеходам, которых необходимо компактно сгруппировать (капсулировать) и быстро переместить из точки N в точку K. Для этих целей предлагается мобильный пешеходный робот, включенный в контур системы управления транспортными потоками УДС города.

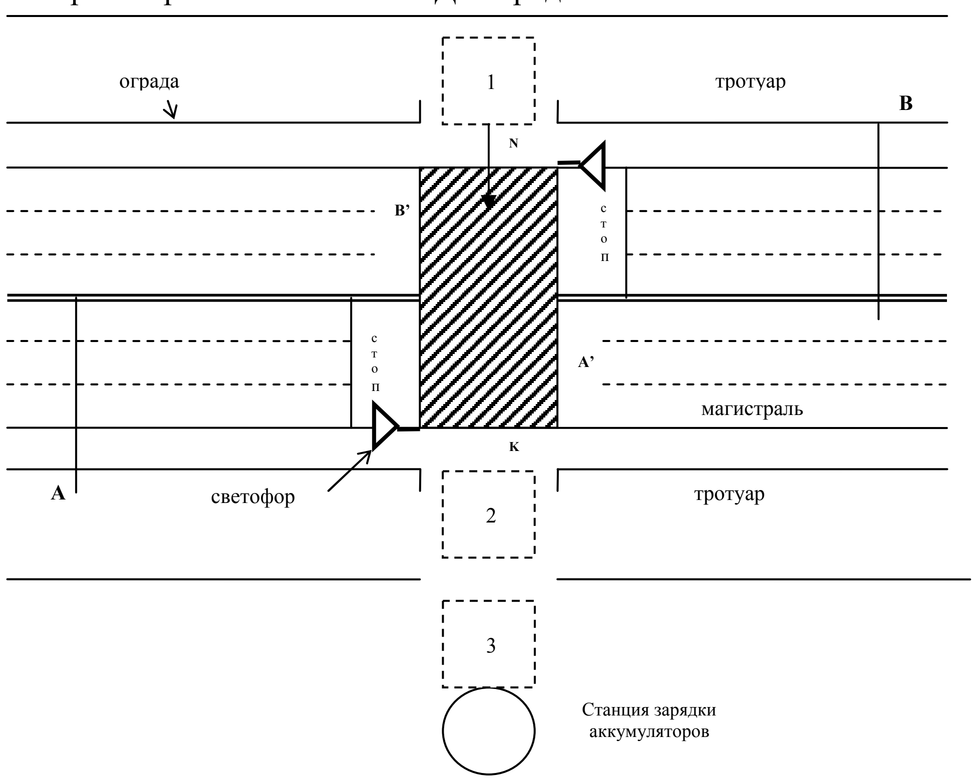


Рисунок 1– Пешеходный переход на перегоне магистрали

Мобильный пешеходный робот является низкоплатформенным электромобилем без водителя, достаточной вместимости, стоящих и держащихся за поручни пассажиров (рис. 2). Управление роботом выполняется внутренним, встроенным компьютером.



Рисунок 2 – Электромобиль системы «Пешеходный переход»в момент загрузки

Загрузка салона электромобиля производится на позициях 1 и 2 (рис. 1). В это время двери открыты и пешеходы заходят в салон. Для определения количества людей в электромобиле на входе (на дверях) располагаются две пары инфракрасных (ИК) датчиков с номерами 1 и 2. Если пары ИК датчиков будут пересечены в порядке 1-2, то человек вошел в электромобиль, если в порядке 2-1, то человек вышел. Таким образом, можно судить о количестве пассажиров в салоне электромобиля. Если пассажиров нет, то нет необходимости начала движения. Даже если от системы контроля транспортных потоков пришел сигнал, разрешающий начало движения.

Заполнение салона электромобиля выполняется в течение действия зеленой фазы светофора по магистрали. Закрытие дверей электромобиля осуществляется при одновременном истечении времени t_{min} движения по магистрали (минимальная длительность основного тракта) и отсутствия входящих пешеходов в электромобиль от датчиков дверей. Теперь электромобиль готов к движению. Сигнал на начало движения должен поступить с детекторов транспорта, расположенных в сечении А и В магистрали (рис. 1). Эти сечения А и В отнесены от границ пешеходного перехода А` и В` на расстояние 100 м, которое транспортное средство, двигающееся со скоростью v = 60 км/час преодолевает за 6 секунд. Это так называемое экипажное время $t_{эк}$. Если над линией А(В) не появляется очередной автомобиль через время равное $t_{эк,}$ то следовательно, в транспортном потоке произошел разрыв, не меньший по длительности, чем $t_{эк}$. Таким образом, в промежутках магистрали АА’ и ВВ’ автомобилей нет и электромобиль может начать движение, не оказывая помех АТС магистрали.

При этом для АТС магистрали загорается красный сигнал светофора, а для электромобиля – зеленый. При средней скорости движения электромобиля 40 км/час он преодолеет пешеходный переход в 30 метров за 3 секунды. Как только он окажется в положении 2 сразу изменятся сигналы светофора. Транспортировка пешеходов выполнена без остановки АТС магистрали. Аналогичным образом выполняется перемещение пешеходов из положения 2 в положение 1 (рис. 1).

Электромобиль курсирует по пешеходному переходу не постоянно. Детекторы транспорта в сечениях А и В измеряют интенсивность транспортного потока и при падении ее ниже заданной величины M_1 электромобиль переезжает в позицию 3 (рис. 1, 3). В этом случае пешеходный переход используется традиционным способом. При увеличении интенсивности до величины M_2 (M_2>M_1) и сохранении этой величины в течение некоторого заданного времени $t_з$ электромобиль выезжает на позицию 2 для очередной загрузки пешеходов.



Рисунок 3 – Электромобиль системы «Пешеходный переход» в ночное время

В позиции 3 электромобиль находится в ночное время, а также, при оговорённой выше, низкой интенсивности транспортных потоков. В это время он подключается к станции зарядки аккумуляторов (рис. 3).

Выводы

Предложен эффективный способ беспрепятственного проезда АТС через регулируемые пешеходные переходы, а также через светофорные перекрестки, где будет исключена такая помеха, как пешеход. Окупаемость системы составляет 3-6 месяцев в зависимости от места установки.

В настоящее время проведено компьютерное моделирование системы «Пешеходный робот» в различных режимах интенсивности транспортных потоков и пешеходов, а также выполнен рабочий макет действующей системы. Автор руководит совместной разработкой проекта с таким авторитетным предприятием как Белкоммунмаш (производитель трамвайно-троллейбусной техники в Республике Беларусь).

Литература

1. Режим доступа : Robot Violinist. http://www.youtube.com.
2. Режим доступа : Robot Sushi. http:// www.robotsushi.com.
3. Lovin D. Creating a robot android by hand / D. Lovin // DMK Press Moscow. – 2007. – P. 23-33.
4. Головко В.А. Основы искусственного интеллекта / В.А. Головко, Л.П. Матюшков, В.Н. Шуть – Брест, 2010. – 112с.
5. Михайлов А.Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей / А.Ю. Михайлов, И.М. Головных. – Новосибирск : Наука, 2004. – 266 с.
6. Режим доступа: http://www.fhwa.dot.gov – официальный сайт департамента транспорта США (FHWA).
7. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – Москва : Транспорт, 1981. – 256 с.
8. Луканин В.Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В.Н. Луканин, А.П. Буслаев, М.В. Яншина. – Москва : Инфра-М, 2001. – 644с.

Literatura

1. Robot Violinist. http://www.youtube.com.
2. Robot Sushi. http:// www.robotsushi.com.
3. Lovin D. – Creating a robot android by hand. DMK Press Moscow, 2007.- rr23-33.
4. Golovko V.A. Osnovy iskusstvennogo intellekta / V.A.Golovko, L.P.Matyushkov, V.N.Shut' – Brest, 2010. – 112 s.
5. Mihailov A.Yu. Sovremennye tendencii proektirovaniya i rekonstrukcii ulichno-dorojnyh setei / A.Yu. Mihailov, I.M.Golovnyh. – Novosibirsk: Nauka, 2004. – 266s
6. http://www.fhwa.dot.gov – oficial'nyi sait departamenta transporta SShA (FHWA).
7. Kremenec, Yu.A., Tehnicheskie sredstva regulirovaniya dorojnogo dvijeniya / Yu.A.Kremenec, M.P.Pecherskii. – Moskva: Transport, 1981. – 256s.
8. Lukanin V.N., Avtotransportnye potoki i okrujayuschaya sreda / V.N. Lukanin, A.P. Buslaev, M.V. Yanshina – Moskva: Infra-M, 2001. – 644s.

В.Н. Шуть
Робототехнічна магістральна система «Пішохідний перехід»
Аналізується основний недолік пішохідних переходів, а саме переривання потоку автотранспортних засобів, що рухаються по магістралі. Наводиться розрахунок економічних втрат у конфлікті пішохід-автомобіль на регульованому пішохідному переході. Пропонується кардинальне рішення цієї проблеми шляхом встановлення робототехнічних магістральних систем «Пішохідний перехід».

V.N. Shuts
Crosswalk Robotic Mainline System
The basic shortcoming of pedestrian crossings, in particular, the interruption of the vehicles flow moving along the highway. The calculation of economic losses raising between pedestrian and vehicle on a crosswalk. A radical solution to this problem is proposed by installing the “Walking Robot” system.

Статья поступила в редакцию 16.06.2011.